

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Abgasreinigungstechnik
Effiziente Nutzung der Abwärme
industrieller Abgase

VDI 3930

Entwurf

Waste gas cleaning technology – Efficient heat recovery from industrial waste gases

Einsprüche bis 2024-09-30

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal <http://www.vdi.de/3930>
- in Papierform an
VDI/DIN Kommission Reinhaltung der Luft
Fachbereich Umweltschutztechnik
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung.....	2
Einleitung.....	2
1 Anwendungsbereich.....	2
2 Begriffe.....	3
3 Formelzeichen, Indizes und Abkürzungen.....	4
4 Grundlagen.....	6
4.1 Allgemeines.....	6
4.2 Arten der Abwärmenutzung.....	6
4.3 Wesentliche Apparate und Prozesse.....	8
4.4 Beteiligte Medien.....	16
5 Spezifische Anforderungen an die Abwärmenutzung von industriellen Abgasen.....	19
5.1 Allgemeines.....	19
5.2 Werkstoffwahl.....	19
5.3 Ablagerungen.....	20
5.4 Korrosion und Abrasion.....	21
5.5 Leckagen und Bypassströme.....	22
5.6 Wärme- und Druckverluste.....	23
6 Ausführungsformen.....	23
6.1 Übersicht über die grundsätzlichen Systeme zur Abwärmenutzung.....	23
6.2 Wärmeübertragungssysteme.....	25
6.3 Kreislaufverbundsysteme.....	34
6.4 Wärmerohre.....	34
6.5 Kreisprozesse.....	34
6.6 Wärmespeicher.....	37
7 Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb.....	38
7.1 Allgemeines.....	38
7.2 Relevante gesetzliche und technische Regeln.....	39
7.3 Planung.....	39
7.4 Auslegung und Ausführung.....	41
7.5 Betrieb.....	41
7.6 Funktionsnachweis.....	43
7.7 Instandhaltung und vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance).....	46
7.8 Optimierung von Bestandsanlagen.....	47

Inhalt	Seite
8 Kosten, Wirtschaftlichkeit und Ressourceneffizienz.....	48
8.1 Allgemeines.....	49
8.2 Kosten- und Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	50
8.3 Ressourceneffizienz.....	51
8.4 Wärmeübertragungsoptimierung.....	51
8.5 Optimierung der Wärmeübertragerfläche.....	52
9 Anwendungsbeispiele.....	56
9.1 Nutzung der Abwärme aus dem heißen Bypass einer RNV.....	56
9.2 Einsatz einer TNV bei Lacktrocknersystemen und Ansätze zur Senkung der Betriebsmittelverbräuche auch als Nachrüstlösung.....	60
9.3 Einsatz einer Mikrogasturbine zur Abgasreinigung mit anschließender KWK-Wärmenutzung im Bereich der Oberflächenbeschichtung.....	63
9.4 Einsatz einer Rauchgaskondensation zur Abwärmenutzung in einem Biomassekraftwerk (Brennwertnutzung bei größeren Feuerungen).....	68
9.5 Einsatz einer optimierten Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung zur Abwärmenutzung in einem BHKW.....	71
9.6 Einsatz eines Wärmespeichers nach einem BHKW.....	73
9.7 Energetische Optimierung der Abgasreinigung hinter einer Abfallverbrennung durch Retrofit.....	74
9.8 Anwendung einer mehrstufigen Wärmeauskopplung bei unterschiedlichen Temperaturniveaus zur Abwärmenutzung in einer Metallgießerei.....	77
9.9 Einsatz einer ORC-Anlage zur Abwärmenutzung in der Glasindustrie.....	79
9.10 Einsatz einer Wärmeverschiebung zur Abwärmenutzung in der Zementindustrie.....	80
10 Zukünftige Entwicklungen.....	83
Schrifttum.....	84

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltschutztechnik

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 6: Abgasreinigung – Staubtechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Nicolei Beckmann, Buxtehude

Robert Daschner, Sulzbach-Rosenberg

Walter Hilgert, Bayreuth

Waldemar Hoffmann, Gummersbach

Thomas Horst, Ludwigshafen

Joana Leefmann, Clausthal-Zellerfeld

Sven Meyer, Bingen

Stefan Natzer, Schrobenhausen

Olaf Neese, Clausthal-Zellerfeld

Torsten Reindorf, Trier

Bernd Schrickler, Goldkronach (Vorsitz)

Ulrich Schwarz, Frankfurt

Andreas Wiedl, Lich

Christoph Wieland, Duisburg-Essen

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Weitere aktuelle Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3930.

Einleitung

Zur Erreichung der hoch gesteckten Ziele der gegenwärtigen Energie- und Klimapolitik (Umstellung auf erneuerbare Energien, Ressourceneffizienz, Dekarbonisierung etc.) gewinnen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie immer mehr an Bedeutung.

Die Reduzierung der für den Nutzenergiebedarf der Industrie bereitgestellten Primärenergie birgt enorme Potenziale. Die Vermeidung und Rückgewinnung der Abwärme von industriellen Prozessen stellt dabei eine zentrale Handlungsoption dar, die es auszuschöpfen gilt. Insbesondere in den heißen Abgasen industrieller Prozesse steckt häufig eine große nutzbare Energiemenge. Diese Abgaswärmemengen sollen künftig konsequent und strategisch genutzt werden. Entsprechend den Anforderun-

gen des Bundesimmissionsschutzgesetzes (§ 5, Abs. 1, Nr. 4 BImSchG) ist Energie sparsam und effizient zu verwenden und sollte möglichst nicht „vernichtet“ werden (z.B. Abkühlung durch Verdampfung von eingespritztem Wasser).

Dabei gibt es folgende Möglichkeiten diese Wärme sinnvoll zu nutzen:

- im Abgasreinigungsprozess selbst (z.B. Rein- gas/Rohgas-Wärmeübertrager)
- im industriellen Prozess, in dem das Abgas entsteht
- für andere, externe Zwecke (z.B. Fernwärme, Umwandlung in mechanische, chemische und/oder elektrische Energie)

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie beschreibt technische Methoden und Ausführungen der Wärmeübertragung, mit denen die Abwärme industrieller Abgase sinnvoll und effizient genutzt werden kann.

Dabei sollen dem Anwender und der Anwenderin nicht sämtliche Auslegungsgrundlagen und Ausführungsformen von Wärmeübertragungssystemen im Detail erläutert werden, sondern es soll ein Überblick über die gebräuchlichsten Systeme sowie deren Vor- und Nachteile gegeben werden.

Hierzu beschreibt die Richtlinie die gemäß dem Stand der Technik verfügbaren Verfahren und Apparate und zeigt Anwendungsbeispiele auf, die sich in der Praxis bewährt haben.

Sie liefert Informationen und Hilfestellungen, um beurteilen zu können, in welchen Fällen die Ausnutzung dieser Energiequelle technisch realisierbar und wirtschaftlich vertretbar ist. Sie zeigt zudem wesentliche, zu beachtende Randbedingungen (z.B. Werkstoffwahl, Abgaszusammensetzung, Betriebsbedingungen) auf.

Für die konkrete Auslegung und Berechnung sind die einschlägigen technischen Regeln (z.B. VDI-Wärmeatlas [1]) zu beachten.

Die Richtlinie gilt für alle Abgase aus industriellen Prozessen (z.B. aus Verbrennungsanlagen, Anlagen der Stahl-, Glas-, Keramik-, Zement-, Lebensmittel- und Chemieindustrie).